

Atti della Accademia Lancisiana

Anno Accademico 2023-2024

Vol. 68, n° 3, Luglio - Settembre 2024

Settimana per la Cultura

Premio "Giovanni Maria Lancisi" – Anno Accademico 2022-2023

09 aprile 2024

Tesi di Laurea: "Progettazione, sviluppo e sperimentazione di un nuovo dispositivo per la prevenzione dei danni indotti da rumore ad alta frequenza: il 'tappo dinamico' " (Sintesi)

M. Mattaroccia

Introduzione

Il rumore rappresenta una delle principali cause di malattie professionali¹. La perdita dell'udito che deriva dall'esposizione prolungata a fonti rumorose sul posto di lavoro è nota come *Noise-Induced Hearing Loss* (NIHL). Secondo l'*Occupational Safety and Health Administration* (OSHA), sono circa 30 milioni di persone nel mondo a soffrire di ipoacusia indotta da rumore in seguito all'esposizione a livelli dannosi di rumore sul posto di lavoro². Tra le diverse figure professionali esposte cronicamente a rumori ci sono gli odontoiatri a causa dell'utilizzo di strumentazioni che producono rumori ad alta frequenza³⁻⁶. La NIHL raggiunge in questa categoria professionale una prevalenza che va dal 5 al 20%⁶⁻¹⁴. Gli odontoiatri non sono gli unici professionisti del settore a soffrire di questo disturbo, ci sono anche altre figure come gli odontotecnici, i protesisti, gli igienisti dentali e gli assistenti alla poltrona.

L'esposizione cronica a fonti rumorose può portare a conseguenze a breve e lungo termine. Infatti, studi clinici hanno evidenziato come circa il 7-20% di questi professionisti riferisce problemi come difficoltà nella comunicazione, fastidio, interferenza nella conversazione e difficoltà di concentrazione nella loro pratica clinica. Col passare del tempo e il reiterarsi dell'esposizione, il rumore determina la comparsa del calo dell'udito¹⁴⁻²³. Gli strumenti e le apparecchiature odontoiatriche che più comunemente emettono rumori ad alta frequenza sono turbina ad alta velocità, aspiratori e ablatori ad ultrasuoni⁷⁻¹³. Tra gli strumenti sopra elencati, gli ablatori ultrasonici sono quelli che più comunemente emettono rumori ad alta frequenza. Tipicamente la tipologia di strumentazione odontoiatrica sopra elencata produce rumori ad alta intensità compresi tra 70 e 120 dB con una frequenza media maggiore di 4000-6000 Hz⁶⁻¹³. Un'esposizione continua a più di 100 dB per oltre 8 ore aumenta il rischio di perdita dell'udito permanente dal 94,5% al 99,5%^{7-10, 15-17, 24, 25}. Sebbene la presenza di NIHL tra gli odontoiatri sia ben documentata, le misure preventive e i Dispositivi di Protezione Individuale (DPI) dell'udito tra gli odontoiatri non sono ampiamente promossi e utilizzati. Molti, infatti, non sono consapevoli degli effetti immediati e a lungo termine che l'esposizione cronica a rumore possa determinare a livello del sistema uditivo. Gli odontoiatri sono spesso restii ad utilizzare questi dispositivi di protezione dell'orecchio in quanto percepiti come fastidiosi e fortemente

limitanti l'attività clinica soprattutto riducendo la possibilità di comunicare con il paziente e con gli assistenti. Attualmente, non esistono in commercio DPI uditivi specificamente progettati per gli odontoiatri e il personale sanitario, ma possono essere utilizzati tappi auricolari e/o cuffie che si appoggiano sul padiglione auricolare. Tuttavia, questi DPI attenuano tutti i suoni in modo indiscriminato, senza alcun filtro verso i rumori ad alta frequenza. In questo modo sono attenuati globalmente tutti i suoni compresi quelli responsabili del parlato generando difficoltà di comunicazione con pazienti e collaboratori motivo per cui spesso questi dispositivi sono abbandonati²⁶.

Obiettivi

L'obiettivo dello studio è quello di progettare e sviluppare un nuovo dispositivo di protezione uditiva individuale chiamato il "tappo dinamico" contro i rumori ad alta frequenza. Tale dispositivo è stato testato nell'ambito del personale sanitario che lavora abitualmente in uno studio odontoiatrico cronicamente esposto a fonti rumorose ad alta frequenza.



Fig. 1. Polimerizzazione in vasca.

Materiali e Metodi

Lo studio è stato suddiviso in due fasi distinte.

Nella prima fase, ci siamo dedicati alla progettazione e alla costruzione del dispositivo chiamato "Tappo dinamico". Nella seconda fase invece, abbiamo validato il dispositivo in una popolazione di odontoiatri e personale sanitario abitualmente esposti a rumori ad alta frequenza (4000-6000 Hz) nella loro comune pratica clinica.

La progettazione del dispositivo ha visto coinvolte l'Unità di Terapie Integrate in Otorinolaringoiatria della Fondazione Policlinico Universitario Campus Bio-Medico, l'Unità di Misure e Strumentazione Bio-Medica dell'Università Campus Bio-Medico di Roma, la Linear SRL ed Earfonik di Roma.

Per la realizzazione del dispositivo è stata utilizzata la stampa 3D in resina, nota anche come polimerizzazione in vasca. La tecnologia di polimerizzazione in vasca coinvolge una resina fotosensibile indurita da

una sorgente di luce per produrre strati solidi e, infine, parti intere. La resina è contenuta all'interno di una vasca, o serbatoio, e viene polimerizzata contro una piattaforma di costruzione, che sale lentamente fuori dal serbatoio mentre la parte viene formata (Fig. 1).

Popolazione in studio

Da gennaio a maggio 2023 abbiamo reclutato odontoiatri e personale tecnico che abitualmente, nella comune pratica clinica, sono esposti cronicamente a rumori derivanti dall'utilizzo di strumenti odontoiatrici ad alta frequenza in media 4000-6000 Hz (aspiratore, turbina ad alta velocità, ed ablatori ad ultrasuoni).

Criteri di inclusione

- odontoiatri e personale sanitario associato di età > 18 anni che nella comune pratica clinica è esposta cronicamente a fonti di rumore ad alta frequenza (4000-6000Hz);
- otoscopia nella norma;
- sensibilità uditiva inferiore a 15 dB bilateralmente²⁶.

Criteri di esclusione

- soglia uditiva superiore a 15 dB bilateralmente per le frequenze tra 250-4000Hz;
- precedente storia di infezione o trauma all'orecchio;

- patologie a carico dell'angolo ponto cerebellare;
- donne in gravidanza o in allattamento;
- storia di pregressa chirurgia otologica²⁶.

All'inizio dello studio, ciascun partecipante è stato sottoposto a visita otorinolaringoiatrica con otoscopia ed audiometria tonale liminare e sono state registrate le seguenti informazioni:

- tipo di professione (es. odontoiatra, protesista, odontotecnico, igienista dentale, assistente alla poltrona);
- anni di attività professionale;
- esposizione abituale a fonti rumorose ad alta frequenza (numero di h di esposizione media giornaliera);
- uso regolare di DPI uditivi nella pratica clinica.

Successivamente a ciascun partecipante è stato consegnato il dispositivo "Tappo dinamico" da dover indossare per la durata di un intero turno lavorativo (durata minima 8 ore).

Al termine del turno di lavoro, è stato chiesto a ciascun partecipante di compilare:

1. Questionario sulle caratteristiche del dispositivo chiedendo ai soggetti di esprimere un giudizio sui seguenti punti secondo un punteggio con una scala di valutazione da 1 (ottimo) a 5 (pessimo):

- 1.1 facilità di inserimento del dispositivo nel condotto uditivo esterno;
- 1.2 giudizio estetico sul dispositivo;
- 1.3 percezione di dolore durante l'utilizzo;
- 1.4 comodità durante l'utilizzo;
- 1.5 stabilità all'interno del condotto uditivo;
- 1.6 percezione di orecchio ovattato;
- 1.7 qualità dell'udito durante l'uso degli strumenti.

2. Questionario sull'utilità del dispositivo chiedendo ai soggetti le seguenti informazioni:

- 2.1 riesci a sentire la voce dei pazienti?
- 2.2 riesci a sentire la voce dei collaboratori?
- 2.3 lo useresti mentre lavori?
- 2.4 lo consiglieresti ad altri colleghi?

3. Eventuali aspetti critici e benefici riguardo l'utilizzo del dispositivo.

Analisi statistica

Le variabili continue sono state espresse usando media \pm deviazione standard (SD). I risultati sono stati collezionati in Microsoft Excel e analizzati tramite il software statistico R versione 4.1.2 (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria).

Risultati

È stato realizzato un DPI a forma di tappo auricolare in resina acrilica con una forma tale da chiudere completamente il condotto uditivo esterno e adattarsi alla forma del padiglione auricolare. Il dispositivo presenta un foro appositamente dimensionato per filtrare le alte frequenze (4000-6000 Hz) tipicamente prodotte dalla strumentazione odontoiatrica e amplificare le frequenze del parlato (500-1000 Hz). In Fig. 2 è mostrato un tappo visto da due angolazioni opposte (Fig. 2).



Fig. 2. Tappo dinamico: a sin vista anteriore, a ds vista posteriore.

Mediante l'utilizzo del "Fonix 7000 Hearing Aid Test System" abbiamo osservato come il "tappo dinamico" consenta di amplificare le frequenze comprese tra 500 Hz e 1000 Hz, e di abbattere prevalentemente le frequenze 4000-6000 Hz (Curva 1, Fig. 3). Al contrario la curva 2 evidenzia come un tappo completamente chiuso attenui indistintamente tutte le frequenze (Fig. 3).

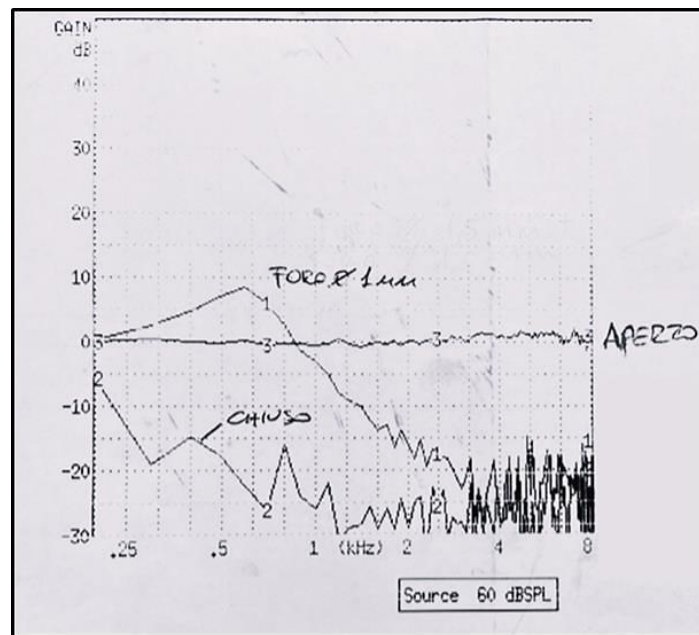


Fig. 3. Risultati test di attenuazione del suono. La curva 1 rappresenta il guadagno ottenuto con il tappo dinamico, la curva 2 il guadagno con un tappo completamente chiuso, mentre la curva 3 il guadagno senza tappo applicato.

Al termine del nostro processo di selezione, abbiamo incluso 20 soggetti (12 maschi e 8 femmine) con un età media di $47,53 \pm 14,42$ anni e $17,41 \pm 14,02$ anni di pratica. La popolazione oggetto dello studio era così composta:

- 13 odontoiatri;
- 3 igienisti dentali;
- 4 assistenti alla poltrona.

L'esposizione cronica al rumore registrata è stata pari a $8,06 \pm 1,71$ /h.

Tra i soggetti selezionati il 90% (18 soggetti) ha dichiarato di non utilizzare regolarmente dispositivi di protezione dell'udito, mentre solo il 10% (2 soggetti) ha confermato di utilizzare regolarmente tappi auricolari.

Analizzando i dati del questionario relativi alle caratteristiche del dispositivo, abbiamo osservato come la "Facilità d'inserimento" del dispositivo veniva giudicata ottima nel 35% (7 soggetti), buona nel 35% (7 soggetti), normale nel 15% (3 soggetti), negativa nel 10% (2 soggetti) e infine pessima nel 5% (1 soggetto). Il punteggio medio registrato sulla facilità di inserimento era pari a $2,15 \pm 1$.

Il 40% (8 soggetti) giudicava ottima l'estetica del dispositivo, il 10% (2 soggetti) buona; il 25% (5 soggetti) normale; il 20% (4 soggetti) negativa e il 5% (1 soggetto) pessima. Il punteggio medio sul giudizio estetico era di $2,4 \pm 1,38$.

Analizzando i dati circa l'assenza di dolore durante l'utilizzo, il 55% (11 soggetti) lo giudicava come ottimo, il 30% (6 soggetti) come buono, il 15% (3 soggetti) come normale e nessun soggetto lo ha valutato negativamente o pessimo. Il punteggio medio rilevato era di $1,6 \pm 0,77$.

Analizzando i dati circa la comodità del dispositivo durante l'utilizzo, il 20% (4 soggetti) lo definiva ottimo, il 40% (8 soggetti) buono, il 15% (3 soggetti) come normale, il 25% (5 soggetti) non buono e nessuno l'ha valutato come pessimo. Il comfort è stato valutato con un punteggio medio di $2,45 \pm 1,06$.

La stabilità all'interno del condotto veniva giudicata come ottima nel 30% dei casi (6 soggetti), buona nel 25% (5 soggetti), normale nel 20% (4 soggetti), negativa nel 15% (3 soggetti) e pessima nel 10% (2 soggetti). Il punteggio medio rilevato è di $2,5 \pm 1,39$.

Riguardo la capacità di non percepire ovattamento auricolare, questa veniva giudicata come ottima nel 5% dei casi (1 soggetto), buona nel 30% (6 soggetti), normale nel 30% (6 soggetti), non buona nel 20% (4 soggetti) e pessima nel 15% (3 soggetti). Il punteggio medio rilevato era di $3,1 \pm 1,1$.

In ultima istanza, si riportano i risultati relativi alla caratteristica "Udito durante l'uso degli strumenti". Il 20% degli individui (4 soggetti) ha giudicato come ottimo; il 40% (8 soggetti) buono; il 25% (5 soggetti) come normale; il 10% (2 soggetti) negativo e il 5% (1 soggetto) come pessimo. Il punteggio medio riportato era di $2,4 \pm 1,12$.

Nessuno dei soggetti inclusi nello studio riferiva difficoltà nel percepire la voce proveniente dai colleghi e dal paziente durante le procedure odontoiatriche.

Inoltre, 13/20 soggetti affermano che utilizzerebbero il "tappo dinamico" durante la loro comune pratica clinica mentre 14/20 lo consiglierebbero ad altre persone. Al contrario, 7/20 soggetti dichiaravano che non lo userebbero e 6/20 non lo consiglierebbero ad altri.

Tra gli aspetti critici riscontrati, i più significativi erano i seguenti:

- ridurre le dimensioni del "tappo dinamico";
- migliorare la sensazione di ovattamento.

Discussione

Nella loro pratica clinica, gli odontoiatri e il personale tecnico sono costantemente esposti a rumori ad alta frequenza (4000-6000Hz) e ad alta intensità (70-120 dB), come turbina ad alta velocità, aspiratori ed ablatori ad ultrasuoni per periodi prolungati di tempo (in media >8h al giorno). Questo può generare nel corso del tempo danni uditivi permanenti, come l'ipoacusia neurosensoriale indotta da rumore e la comparsa di acufeni. La protezione dell'orecchio diventa quindi fondamentale per questa categoria professionale.

Le frequenze maggiormente coinvolte nell'ipoacusia neurosensoriale indotte da rumore sono prevalentemente le alte frequenze (4000-6000Hz) che, in accordo con l'organizzazione "tonotopica", sono codificate dalle terminazioni nervose poste a livello del giro basale della coclea. La maggiore suscettibilità del giro basale della coclea sembra essere dovuta al fatto che le cellule ciliate, soprattutto le esterne, presenti a questo livello, sono intrinsecamente più sensibili al danno indotto da radicali liberi rispetto alle cellule ciliate presenti all'apice²⁷. Seppure i precisi fattori alla base di questo gradiente di sopravvivenza base-apice delle cellule ciliate esterne siano ancora da chiarire, è stato notato che a livello della base della coclea è presente un quantitativo minore di meccanismi antiossidanti come il glutatione ed enzimi tra cui superossido dismutasi o glutatione perossidasi e di sistemi "scavengers", cioè molecole spazzine in grado di ridurre la concentrazione di radicali liberi. La sopravvivenza delle cellule ciliate esterne aumenta significativamente in relazione all'aumento degli "scavengers" dei radicali liberi come n-acetilcisteina, glutatione, mannitolo e salicilati. La maggiore presenza di radicali liberi e la mancanza di questi "scavengers", rende più vulnerabile al danno la porzione basale della coclea.

È importante sottolineare che, attualmente, non esistono dispositivi specificatamente progettati per garantire una protezione uditiva efficace agli operatori del settore odontoiatrico. Risulta fondamentale quindi prevenire la comparsa di danni uditivi mediante l'utilizzo di DPI adeguati. Il "tappo dinamico" è in grado di ridurre selettivamente i rumori ad alta frequenza dannosi per l'udito e di amplificare le frequenze del parlato mediante il principio del "tubo risonante". Dallo studio condotto mediante l'utilizzo del "Fonix 7000 Hearing Aid Test System" è emerso come il "tappo dinamico" tramite un foro appositamente dimensionato sia in grado di filtrare le alte frequenze (4000-6000 Hz) tipicamente prodotte dalla strumentazione odontoiatrica e amplificare le frequenze del parlato (500-1000 Hz). Il tappo dinamico è stato indossato e valutato da 20 soggetti tra cui odontoiatri, igienisti dentali ed assistenti alla poltrona. A questi partecipanti è stato chiesto di indossare il dispositivo per una giornata lavorativa di circa 8 ore e al termine della stessa di compilare degli appositi questionari. I risultati dello studio indicano che il personale odontoiatrico coinvolto ha valutato positivamente la maggior parte delle caratteristiche del dispositivo. Infatti, la maggior parte dei soggetti ha giudicato ottima, buona o normale la facilità d'inserimento del dispositivo (85%), l'estetica del "tappo dinamico" (75%), la non dolorabilità durante l'utilizzo (100%), il comfort (75%), la stabilità del dispositivo (75%) e l'attenuazione del rumore durante l'utilizzo della strumentazione odontoiatrica (85%). La percezione di ovattamento auricolare veniva riscontrata in maniera negativa solo nel 35% dei soggetti.

Inoltre, è interessante notare che tutti i soggetti hanno riferito di essere in grado di udire sia i pazienti che i collaboratori mentre indossavano il dispositivo senza interferenze significative (20 risposte positive e 0 risposte negative), condizione fondamentale per l'operatore che deve essere in grado di comunicare per ottenere un trattamento di successo.

Complessivamente l'analisi dei risultati ottenuti evidenzia che il 65% di coloro che hanno testato il dispositivo lo userebbe fin da subito con regolarità ed il 70% ha espresso la volontà di consigliarlo ad altri professionisti del settore.

È necessario sottolineare come il presente studio sia gravato da alcuni limiti come l'esiguo numero di soggetti inclusi. Inoltre, la valutazione del dispositivo è stata condotta per un unico turno di lavoro, mentre sarebbe auspicabile un monitoraggio a lungo termine per valutarne l'efficacia nel corso del tempo. Infine, la mancanza di un gruppo di controllo che utilizzasse un diverso dispositivo di protezione uditiva o nessun dispositivo impedisce un confronto diretto dell'efficacia del "Tappo Dinamico" con altre opzioni.

In prospettiva sarà necessario ridurre la percezione di ovattamento auricolare, creando un dispositivo con una selettività maggiore alle alte frequenze. Inoltre, potrebbe essere utile costruire tappi di diverse

dimensioni in grado di adattarsi meglio al condotto uditivo garantendo una migliore aderenza e stabilità durante i movimenti del capo.

Conclusioni

Il “tappo dinamico” rappresenta un dispositivo di protezione uditiva in grado di filtrare in maniera selettiva i rumori ad alta frequenza e amplificare le frequenze del parlato. La maggior parte dei soggetti inclusi nello studio ha valutato positivamente l'estetica, la facilità di inserimento, il comfort, la stabilità e l'attenuazione del rumore durante l'utilizzo della strumentazione odontoiatrica ad alte frequenze. Ulteriori studi su più ampia scala saranno necessari per migliorare il prototipo realizzato, confermare questi interessanti dati ed estenderne la sua applicazione anche ad altre categorie professionali.

BIBLIOGRAFIA

1. Daniel E. Noise and hearing loss: A review. *J Sch Health* 2007; 77: 225-31.
2. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Criteria for a recommended standard: Occupational noise exposure. U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention. 1998. <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/19325>.
3. Nelson DI, Nelson RY, Concha-Barrientos M, Fingerhut M. The global burden of occupational noise-induced hearing loss. *Am J Ind Med* 2005; 48: 446-58.
4. Bali N, Acharya S, Anup N. An assessment of the effect of sound produced in a dental clinic on the hearing of dentists. *Oral Health Prev Dent* 2007; 5: 187-91.
5. Garner GG, Federman J, Johnson A. Noise-induced hearing loss in the dental environment: An audiologist's perspective. *J Georgia Dent Assoc* 2002; 15: 17-9.
6. Sorainen E. High frequency noise in dentistry. *Am Indus Hyg Assoc J* 2002; 63: 231-3.
7. Messano GA, Petti S. General dental practitioners and hearing impairment. *J Dent* 2012; 40: 821-8.
8. Brusis T, Hilger R, Niggeloh R, Huedepohl J, Thiesen KW. Are professional dental health care workers (dentists, dental technicians, assistants) in danger of noised induced hearing loss? Article in German. *Laryngo-Rhino-Otologie* 2008; 87: 335-40.
9. Willershausen B, Callaway A, Wolf TG, et al. Hearing assessment in dental practitioners and other academic professionals from an urban setting. *Head Face Med* 2014; 10: 1.
10. Ahmed HO, Ali WJ. Noise levels, noise annoyance, and hearing-related problems in a dental college. *Arch Environ Occup Health* 2017; 72: 159-65.
11. Myers J, John AB, Kimball S, Fruits T. Prevalence of tinnitus and noise-induced hearing loss in dentists. *Noise Health* 2016; 18: 347-54.
12. Henneberry K, Hilland S, Haslam SK. Are dental hygienists at risk for noise-induced hearing loss? A literature review. *Can J Dent Hyg* 2021; 55: 110-9.
13. Dutta A, Mala K, Acharya SR. Sound levels in conservative dentistry and endodontics clinic. *J Conserv Dent* 2013; 16: 121-5.
14. Theodoroff SM, Folmer RL. Hearing loss associated with long-term exposure to high-speed dental handpieces. *Gen Dent* 2015; 63: 71-6.
15. Hyson JR, John M. The air turbine and hearing loss: Are dentists at risk? *J Am Dent Assoc* 2002; 133: 1639-42.
16. Daud MK, Noh NF, Sidek DS, Abd Rahman N, Abd Rani N, Zakaria MN. Screening of dental staff nurses for noise induced hearing loss. *B-Ent* 2011; 7: 245-9.
17. Paramashivaiah R, Prabhuji ML. Mechanized scaling with ultrasonics: Perils and proactive measures. *J Indian Soc Periodontol* 2013; 17: 423-8.
18. Moshammer H, Kundi M, Wallner P, Herbst A, Feuerstein A, Hutter HP. Early prognosis of noise-induced hearing loss. *Occup Environ Med* 2015; 72: 85-9.
19. Liu DHF, Roberts HC. Noise pollution: The effects of noise. In: Liu DHF, Liptak BG: *Environmental Engineers' Handbook*. 2nd ed. Boca Raton, LA: CRC Press, 1999; 18-20.
20. Brask T. The noise protection effect of the stapedius reflex. *Acta Otolaryngol Suppl* 1979; 360: 116-7.

21. Peter MR. Noise-induced hearing loss. *Am Fam Physician* 2000; 61: 2749-60.
22. Sliwinska-Kowalska M, Davis A. Noise-induced hearing loss. *Noise Health* 2012; 14: 274-80.
23. Tikka C, Verbeek JH, Kateman E, Morata TC, Dreschler WA, Ferrite S. Interventions to prevent occupational noise induced hearing loss. *Cochrane Database Syst Rev* 2017: 7.
24. Arabaci T, Çiçek Y, Canakçi CF. Sonic and ultrasonic scalers in periodontal treatment: A review. *Int J Dent Hygn* 2007; 5: 2-12.
25. Mojarad F, Massum T, Samavat H. Noise levels in dental offices and laboratories in Hamedan. *Iran J Dent* 2009; 6: 181-6.
26. Mohan KM, Chopra A, Guddattu V, Singh S, Upasana K. Should dentists mandatorily wear ear protection device to prevent occupational noise-induced hearing loss? A randomized case-control study. *J Intern Soc Prev Comm Dentistry* 2022; 12: 513-23.
27. Sha SH, Taylor R, Forge A, Schacht J. Differential vulnerability of basal and apical hair cells is based on intrinsic susceptibility to free radicals 2001; 155: 1-8.

Dott. Marco Mattarocchia, Corso di Laurea magistrale in Medicina e Chirurgia, Facoltà Dipartimentale di Medicina e Chirurgia, Università Campus Bio-Medico di Roma

Sintesi della Tesi di Laurea discussa il 14/06/2023

Relatore: Prof. Manuele Casale, Professore Ordinario di Otorinolaringoiatria, Università Campus Bio-Medico di Roma

Correlatore: Dott. Antonio Moffa, Specialista in Otorinolaringoiatria, Policlinico Universitario Campus Bio-Medico di Roma

Per la corrispondenza: marcomattarocchia@yahoo.it